

УДК 621.892

## ИНФОРМАЦИОННАЯ ПОДДЕРЖКА РЕШЕНИЯ ТРИБОТЕХНИЧЕСКИХ ЗАДАЧ В ИНЖЕНЕРНЫХ РАСЧЕТАХ

Мошкарёв Д. Н.

научный руководитель канд. техн. наук Докшанин С. Г.

*Сибирский федеральный университет*

Последние десятилетия в машиностроительной отрасли отводится усиленное внимание к проблемам трения и изнашивания, последствия которых оказывают значительное влияние на продолжительность работы машин и механизмов и качество выполняемых ими работ, на экономические затраты по обслуживанию и ремонту, на экологию и безопасность. Это связано, прежде всего, с потерями энергии в узлах трения, износом деталей узлов и изменением свойств материалов, из которых они изготовлены, вредными экологическими последствиями при износе и выходе из строя уплотнений, подшипников, направляющих и других подвижных сопряжений.

Инженерные расчеты деталей и узлов машин не обходятся без анализа влияния смазочного материала на долговечность и смазочный режим работы трибоузла, на основании механо-физических свойств и расчета на износостойкость производится выбор материалов и эксплуатационных режимов машины или механизма. Все это требует громадного количества необходимой информации, нередко расположенной в различных источниках. В этом случае её поиск, обработка и выбор требуемых данных приводит к значительной затрате времени. Цель данной работы – сосредоточить необходимую для инженерных расчетов информацию на одном электронном ресурсе с условием быстрого доступа и нахождения требуемых данных.

Электронное справочное пособие выполнено на основе кода HTML. Работа пользователя с готовым гипертекстовым продуктом заключается в просмотре ряда информационных фрагментов, связанных между собой в определенной последовательности. Возможность изменения последовательности ознакомления с содержанием гипертекста осуществляется за счет разбиения информации на фрагменты (темы) и установления между ними связей, позволяющих пользователю осуществить переход от изучаемой в текущий момент темы к следующей.

Разработанный продукт состоит из отдельных страниц, которые раскрывают содержание темы. Электронное справочное пособие имеет следующую структуру, соответствующую разделам:

- классификация масел;
- соответствие классов вязкости масел;
- масла;
- смазочные материалы;
- полимерные материалы;
- антифрикционные материалы;
- антифрикционные чугуны;
- стали;
- абразивные материалы;
- стандарты;
- износостойкость материалов;
- web-сайты.

Весь материал представлен в виде html-файлов, которые включают в себя текст, рисунки, ссылки, пояснения описание теоретического материала, таблицы.

При расчетах узлов трения, работающих в гидродинамическом и упруго-гидродинамическом режимах смазки необходимо знать вязкость смазочного материала,

использованного в данном узле. Для этого в справочнике даны соотношения значений вязкости смазочных материалов в различных единицах, а также соотношение величины вязкости для различных классификаций масел. Для примера представлены виды страниц с данными по группам моторных масел (рис. 1) и значения вязкости смазочных материалов для различных категорий их оценки (рис. 2).

Группы моторных масел по назначению и эксплуатационным свойствам (ГОСТ 17479.1-85)

Группа масла по эксплуатационным свойствам	Рекомендуемая область применения
А	Нефорсированные бензиновые двигатели и дизели
В	В <sub>1</sub> Малофорсированные бензиновые двигатели, работающие в условиях, которые способствуют образованию высокотемпературных отложений и коррозии по диллиндрикам
	В <sub>2</sub> Малофорсированные дизели
В	В <sub>1</sub> Среднефорсированные бензиновые двигатели, работающие в условиях, которые способствуют окислению масла и образованию отложений всех видов
	В <sub>2</sub> Среднефорсированные дизели, предъявляющие повышенные требования к антиокислительным, противозносным свойствам масел и способности предотвращать образование высокотемпературных отложений
Г	Г <sub>1</sub> Высокофорсированные бензиновые двигатели, работающие в тяжелых эксплуатационных условиях, способствующих окислению масла, образованию отложений всех видов и коррозии
	Г <sub>2</sub> Высокофорсированные дизели без наддува или с умеренным наддувом, работающие в эксплуатационных условиях, способствующих образованию высокотемпературных отложений
Д	Д <sub>1</sub> Высокофорсированные бензиновые двигатели, работающие в эксплуатационных условиях, более тяжелых чем для масел группы Г <sub>1</sub>
	Д <sub>2</sub> Высокофорсированные дизели с наддувом, работающие в тяжелых эксплуатационных условиях или когда

Рисунок 1 – Представление данных о моторных маслах

Ориентировочные диапазоны температур окружающего воздуха, при которых обеспечивается холодный пуск и надежное смазывание двигателя моторными маслами некоторых классов вязкости по SAE. Для разных моделей двигателей температурные диапазоны могут несколько отличаться.

**КЛАССЫ ВЯЗКОСТИ**

Соотношение температурных шкал Цельсия / Фаренгейта

$$t_c = 0,555 \times (t_f - 32)$$

$$t_f = 1,8 \times t_c + 32$$

$t_c$  = температура по шкале Цельсия  
 $t_f$  = температура по шкале Фаренгейта

**Значения вязкости в различных единицах**

$mm^2/c$  = кинематическая вязкость (сантиметры, cSt)  
 $^{\circ}E$  = градусы Энглера (Engler)  
 SUS = Единицы Сейболда (Saybolt Universal second)  
 R.I. - секунды Редвуда (Redwood)

$mm^2/c$ (cSt)	$^{\circ}E$	SUS	R.I.
2	1,12	32,6	30,4
4	1,31	39,2	35,3
6	1,48	45,6	40,6
8	1,65	52,1	46,1
10	1,83	58,9	51,9
12	2,02	66,0	58,0
14	2,22	73,6	64,5
16	2,34	81,3	71,2
18	2,65	89,4	78,1
20	2,88	97,8	85,2
24	2,2	115	100

Рисунок 2 – Представление информации о соотношении единиц вязкости

Для исследования состояния поверхности и параметров контакта представлена информация по шероховатости, интенсивности износа материала и износостойкости. При решении задач на определение износа узлов трения требуется знать класс износостойкости, а также условия изнашивания. Кроме того необходимыми параметрами при решении триботехнических задач является допускаемая нагрузка и скорость изнашивания. При определении фактической площади контакта используются значения параметров шероховатости для различных видов обработки поверхностей. В

данном разделе приводятся классы и разряды износостойкости, методика и критерии подбора трибосопряжений, допускаемые режимы работы и анализ условий эксплуатации (рис.3).

**СОДЕРЖАНИЕ**

- Классификация масел
- Соответствие классов вязкости масел
- Масла
- Смазочные материалы
- Полимерные материалы
- Антифрикционные материалы
- Антифрикционные чугуны
- Стали
- Абразивные материалы
- Стандарты
- Износостойкость материалов
- Web- сайты

Одним из главных требований к материалу пары трения является его **износостойкость применительно к заданным условиям эксплуатации**. К износостойким материалам относятся такие материалы, которые при длительном трении, даже в условиях тяжелого динамического нагружения, имеют низкий коэффициент трения, малый износ и может быть оценена показателем износостойкости  $I$ , которая изменяется в пределах от 103 до 1013. Поэтому естественной для нее является логарифмическая шкала. Для отнесения изделия к определенному классу его износостойкость представляют в показательной или логарифмической форме

$$I = \alpha_k \cdot 10^K, \quad \lg I = K + \lg \alpha_k$$

где  $1 \leq \alpha_k < 10$ , соответственно мантисса логарифма  $0 \leq \lg \alpha_k < 1$ , а характеристика логарифма  $K$  – целое число, обозначающее класс износостойкости.

Устанавливаются десять классов износостойкости – от 3 до 12 класса включительно (таблица 1). Нижняя граница  $I$  в каждом классе не входит в его состав.

Таблица 1 – Классы износостойкости

Класс износостойкости $K$	Интервал изменения показателей износостойкости	Класс износостойкости $K$	Интервал изменения показателей износостойкости
3	$10^3 \leq I \leq 10^4$	8	$10^8 \leq I \leq 10^9$
4	$10^4 \leq I \leq 10^5$	9	$10^9 \leq I \leq 10^{10}$
5	$10^5 \leq I \leq 10^6$	10	$10^{10} \leq I \leq 10^{11}$
6	$10^6 \leq I \leq 10^7$	11	$10^{11} \leq I \leq 10^{12}$
7	$10^7 \leq I \leq 10^8$	12	$10^{12} \leq I \leq 10^{13}$

Каждый класс износостойкости разбивается на пять разрядов. Отнесение к определенному разряду производят в соответствии с таблицей 2.2. Таблица 2.2 – Разряды износостойкости

Таблица 2.2 – Разряды износостойкости

Разряд износостойкости	Интервалы изменения	
	Натуральная шкала	Логарифмическая шкала
1	$1.0 \leq \alpha_k < 1.59$	$0 \leq \lg \alpha_k < 0.2$
2	$1.59 \leq \alpha_k < 2.51$	$0.2 \leq \lg \alpha_k < 0.4$
3	$2.51 \leq \alpha_k < 3.98$	$0.4 \leq \lg \alpha_k < 0.6$
4	$3.98 \leq \alpha_k < 6.31$	$0.6 \leq \lg \alpha_k < 0.8$
5	$6.31 \leq \alpha_k < 10.0$	$0.8 \leq \lg \alpha_k < 1.0$

Рисунок 2 – Представление информации о классах износостойкости

Каждая глава документа содержит в себе отдельный материал, предложенный таким образом, чтобы можно было выбрать необходимую информацию по обозначениям, классификациям, свойствам. При описании смазочных материалов главы разбиты по классификации смазочных материалов на масла и пластичные смазочные материалы. Материалы пар трения представлены главами по полимерным материалам, сталям и антифрикционным чугунам. Для проведения триботехнических испытаний, а именно в выборе методики для оценки триботехнических свойств материалов могут быть использованы стандарты.

Составленный электронный справочник можно и необходимо дополнять, обновлять и расширять. При автоматизации конструкторского труда и внедрении систем автоматизированного проектирования весьма актуально создание баз данных по триботехническим свойствам конструкционных материалов и поисковых систем к ним. Его можно использовать в качестве библиотеки для инженерных расчетов, а также в перспективе взять за основу трибологической базы данных. В дальнейшем документ можно дополнить следующими главами: антифрикционные покрытия; присадки к смазочным материалам; смазочно-охлаждающие жидкости; методы испытаний триботехнических материалов; справочные сведения по узлам трения; описание конструкций машин, их характеристики, классификация и области применения и т.д.

Созданное электронное справочное пособие может быть использовано для инженерных расчетов научно-исследовательскими институтами, конструкторскими бюро, студентами и преподавателями в учебных целях. С данным справочником может работать практически любой пользователь, даже с очень низким уровнем познания информационных технологий и компьютерных программ. Он очень удобен и легок в использовании.

Для получения дополнительной информации предложены адреса web-сайтов, на которых можно получить информацию по смазочным материалам, полимерным материалам, условиям работы узлов трения, методики проведения испытаний, а также о современных разработках в области трибологии и трибологических расчетов.